



Inventario digital de deslizamientos de tierra y los depósitos provocados por éstos que causó el paso del huracán Mitch en Honduras.

Por Edwin L. Harp, Kirk W. Hagaman, Matthew D. Held, and Jonathan P. McKenna

Reporte de archivo abierto 02-61





Inventario digital de deslizamientos de tierra y los depósitos provocados por éstos que causó el paso del huracán Mitch en Honduras.

Por Edwin L. Harp, Kirk W. Hagaman, Matthew D. Held, and Jonathan P. McKenna

Reporte de archivo abierto 02-61

(Versión en español; también hay versión en inglés.)

2002



Éste es un reporte preliminar y no se ha revisado su cumplimiento con los estándares editoriales de la U.S. Geological Survey o del Código Estratigráfico Norteamericano. Cualquier uso de los nombres comerciales, de productos o de empresas sólo tiene finalidades de descripción y no implica patrocinio por parte del gobierno de los Estados Unidos.

DEPARTAMENTO DEL INTERIOR DE LOS ESTADOS UNIDOS
U.S. GEOLOGICAL SURVEY (Investigación geológica de los Estados Unidos)

USGS, Denver, Colorado

Contenido

Página

Introducción	1
Tipos y características de los deslizamientos de tierra	2
Flujo de escombros	2
Deslizamientos de tierra profundos	5
Inventarios digitales y efectos observados	6
Volúmenes de sedimento producidos por deslizamientos de tierra correspondientes a cuadrángulos específicos.	8
Resumen	15
Agradecimientos	16
Referencias	16

Ilustraciones

Figura

Fotografías que muestran:

- 1 Pendientes cerca de Choluteca en las que se pueden apreciar elevadas concentraciones de flujos de escombros.
- 2 Grieta frontal del flujo de escombros de Cerro de Uyuca
- 3 Extremo distal del flujo de escombros de la figura 2
- 4 Trayectoria del flujo de escombros a su paso por San Juancito
- 5 Corriente de sedimento producida por los flujos de escombros del Río Viejo
- 6 Poblado de Marale y corriente de sedimento producida por un gran hundimiento de rotación.
- 7 Deslizamiento de tierra El Berrinche
- 8 Hundimiento/flujo de escombros de El Reparto
- 9 Mapa inventario de los deslizamientos de tierra en el área de Choluteca, al sur de Honduras.
- 10 Corriente de sedimento producida por flujos de escombros cerca de La Libertad
- 11 Vista de la planicie de inundación del Río Viejo en la que se aprecia lo grueso del sedimento
- 12 Vista corriente arriba de la planicie de inundación del Río Pelo, en El Progreso
- 13 Corriente de sedimento depositándose en el brazo de la represa El Cajón
- 14 Hundimiento/flujo de escombros profundos en las fuentes acuíferas del Río Chilistagua

Ilustración 1 [en el bolsillo]

- 1 Mapa con índice del inventario de los deslizamientos de tierra de Honduras
- 2 a la 20: Mapas de inventarios de deslizamientos de tierra y depósitos provocados por éstos

Fotografías de la portada: El huracán Mitch aproximándose a Centroamérica el 26 de octubre de 1998 a las 13:15 UTC (Tiempo Universal Coordinado, por sus siglas en inglés) (07:15 hora local). En ese momento el huracán se encontraba en la mitad norte de Nicaragua. La imagen se obtuvo con datos de satélites; se le añadió color y se procesó para mostrar al huracán en perspectiva. Obtenida modificando la imagen producida por Hal Pierce, Laboratorio de la atmósfera, NASA Goddard Space Flight Center.

Fotografía del Lago de Yojoa, Honduras, tomada en abril de 2001 por Edwin Harp.

Inventario digital de deslizamientos de tierra y los depósitos provocados por éstos que causó el paso del huracán Mitch en Honduras

Por Edwin L. Harp, Kirk W. Hagaman, Matthew D. Held, and Jonathan P. McKenna

RESUMEN La intensa precipitación pluvial provocada por el paso del huracán Mitch del 27 al 31 de octubre de 1998 en algunas partes de Honduras llegó a rebasar los 900 mm y provocó más de 500,000 deslizamientos de tierra en todo el país. Con base en cálculos del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE.UU., se estima que los deslizamientos de tierra dañaron un 70% de la red carretera de Honduras. No se sabe con precisión el número de muertes ocasionadas por los deslizamientos de tierra debido a que en muchas de las poblaciones hondureñas no se registró el número de habitantes desaparecidos como consecuencia de los deslizamientos de tierra. Un cálculo conservador estima este número en 1,000.

Más del 95% de los deslizamientos de tierra consistieron en flujos de escombros. Los espesores de éstos oscilaron entre 1 y 15 m; la longitud del recorrido de los flujos fue desde varios metros hasta 7.5 km. La concentración más elevada de flujos de escombros ocurrió en las montañas cercanas al pueblo de Choluteca, en donde se registró una precipitación pluvial de más de 900 mm en tres días.

Si bien se produjeron pocos deslizamientos de tierra distintos a los flujos de escombros, varios deslizamientos de tierra profundos que ocurrieron en la ciudad de Tegucigalpa afectaron gravemente a pobladores y propiedades de esta ciudad. El hundimiento de rotación / flujo de tierra de "El Berrinche", con un volumen aproximado de seis millones de metros cúbicos, destruyó totalmente al barrio de Colonia Soto, cerca del centro de la ciudad. El deslizamiento de tierra provocó el represamiento del Río Choluteca, presa que dio lugar a la formación de un lago; éste representó un grave problema para la salud para la ciudad, debido a la descarga de aguas residuales sin tratar en el Río Choluteca.

Por otra parte, diversas áreas con una elevada concentración de deslizamientos de tierra han contribuido a agravar el problema de las inundaciones. Después del paso del huracán Mitch, la afluencia de grandes volúmenes de sedimentos provenientes de áreas de fuentes de deslizamientos de tierra cerca de La Ceiba, La Libertad, Marale y en varios ramales de la represa de El Cajón han contribuido a reducir prácticamente a cero la capacidad de contención del lecho del río y a exacerbar las condiciones para causar inundaciones, incluso durante las estaciones con precipitación pluvial moderada.

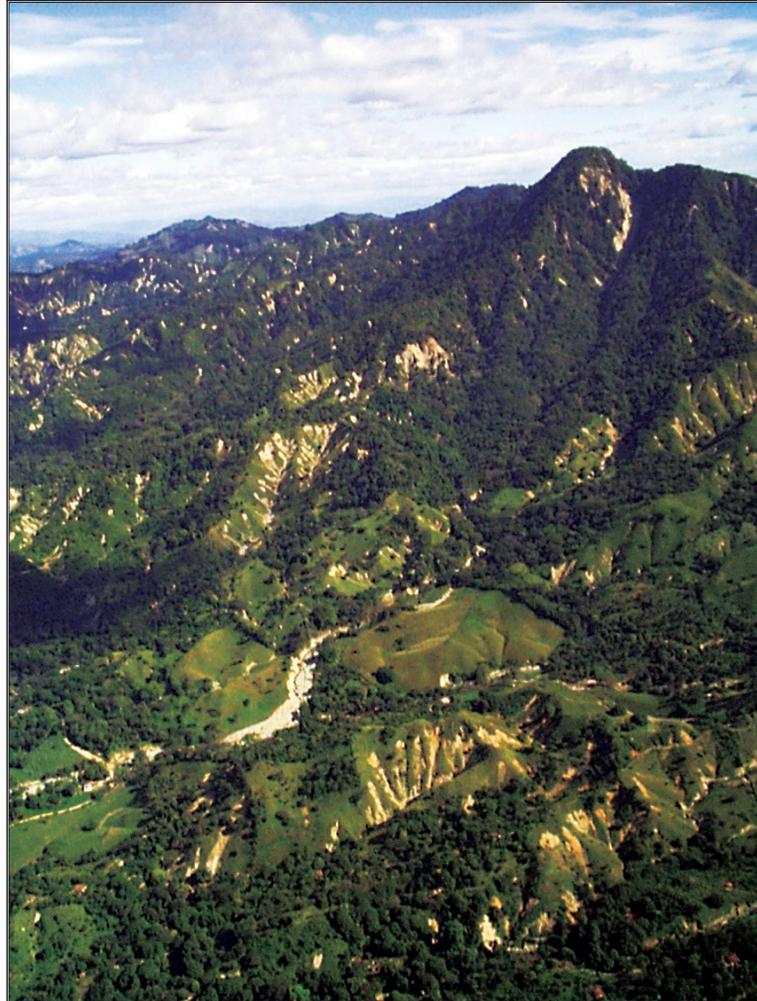
El riesgo permanente que representan para las comunidades los deslizamientos de tierra producidos durante el paso del huracán Mitch se están analizando tomando como base las fotografías aéreas de la Fuerza Aérea de los EE.UU. y complementándolas con fotografías de contratistas locales. Utilizando modelos de elevación digitales obtenidos a partir de mapas topográficos con escala de 1:50,000 y de mapas geológicos, se obtendrán mapas de susceptibilidad a los deslizamientos de tierra. Dichos mapas servirán para la planificación del uso de la tierra y reubicaciones.

Introducción

La llegada del huracán Mitch en Honduras al final de la temporada normal de huracanes produjo efectos sin precedentes dado lo generalizado de su presencia en Centroamérica. Después de que los vientos de la tormenta derribaron más del 70 por ciento del bosque de coníferas de la isla de Guanaja, ubicada en la bahía, el huracán entró a tierra

firme, permaneciendo en el territorio hondureño durante varios días, durante los cuales la diluvial precipitación pluvial fue el agente devastador que causó inundaciones y deslizamientos de tierra que finalmente cobraron más de 9,000 vidas y provocó el desplazamiento de 3 millones de personas. Aún cuando el ojo del huracán Mitch pasó por la parte norte de

Figura 1.
Pendientes cerca
de Choluteca en
las que se pueden
apreciar elevadas
concentraciones
de flujos de
escombros.



Honduras, los totales e intensidades de precipitación pluvial mayores se experimentaron en la parte sur del país, cerca de Choluteca. Durante tres días, del 29 al 31 de octubre de 1998, el total de la precipitación pluvial de Choluteca rebasó los 900 mm. Es natural que las mayores concentraciones de deslizamientos de tierra se hayan localizado en esta área (figura 1).

Tipos y características de los deslizamientos de tierra

Flujos de escombros

De los cientos de miles de deslizamientos de tierra ocasionados por el huracán Mitch en Honduras, más del 95 por ciento de éstos correspondieron a flujos de escombros, lechadas muy remoldadas compuestas de tierra, roca y agua, las cuales con frecuencia llegan a alcanzar velocidades de más de 50 km/hr y logran desplazarse a lo largo de varios kilómetros. El espesor de los flujos de escombros osciló de menos de 1 m, hasta 15 m. Los flujos de escombros de la parte sur de Honduras, en el área alrededor de Choluteca, fueron más bien super-

ficiales; su profundidad fue de 2 m, o menos; la distancia de su recorrido es breve, generalmente de 100 m, o menos. Hubo excepciones, en las cuales los flujos de escombros se desplazaron varios cientos de metros, y en algunos casos, casi 1 km. Sin embargo, este tipo de excepciones representa menos del 10% de la cantidad total de deslizamientos de tierra. En el seco clima desértico tropical de la parte sur del país se producen suelos delgados, lo que explica la escasa profundidad de los flujos de escombros originados aquí.

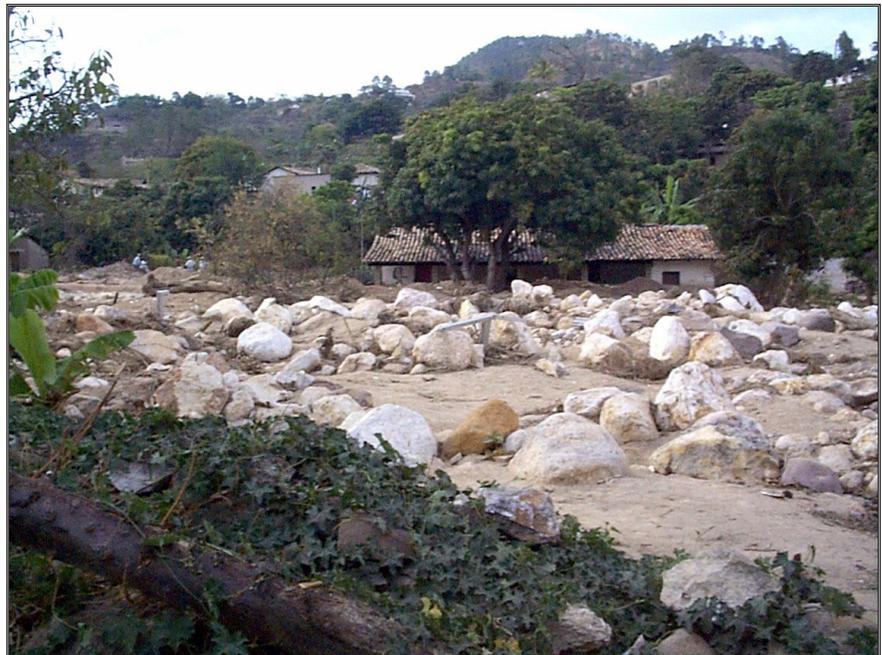
En otras partes de Honduras en las que prevalece un clima menos desértico, es posible encontrar suelos y rocas firmes a grandes profundidades, y los flujos de escombros pueden llegar a tener espesores proporcionalmente mayores. En muchos casos los flujos de escombros han logrado penetrar la roca volcánica erosionada hasta profundidades de 15 m; los flujos de escombros tendieron a confinarse dentro de canales de corriente y barrancos, muchos de los cuales tienen distancias de recorrido de varios kilómet-

ros, o más. Al sureste de Zamorano, en el Valle de San Buenaventura, hubo muchos flujos de escombros que llegaron a rebasar los 4 km de longitud. El más largo de los flujos de escombros provocados en Honduras por el huracán Mitch se originó en el bosque nuboso de la parte alta de las pendientes del Cerro de Uyuca (figura 2), y se desplazó a través de una distancia de 7.5 km. En el extremo distal de este flujo, 68 viviendas del poblado de El Jicarito fueron destruidas (figura 3).

Figura 2. Grieta frontal del flujo de escombros del Cerro de Uyuca.



Figura 3. Extremo distal del flujo de escombros de la figura 2. Este flujo destruyó 68 viviendas después de desplazarse 7.5 km.



De manera similar, en el histórico pueblo minero de San Juancito, aproximadamente a 25 km al nordeste de Tegucigalpa, se produjeron varios flujos de escombros con largas trayectorias, en el bosque nuboso del Parque Nacional de La Tigra. Uno de estos flujos de escombros tuvo su origen en los residuos de uno de los tiros de la mina El Rosario. El hundimiento inicial desestabilizó la pendiente de un barranco, 150 m pendiente arriba del área de la fuente original; la caída de esta provocó el deslizamiento de un flujo de escombros que desgastó enteramente el barranco corriente abajo, tanto en su avance hacia el poblado, como a su paso por éste.

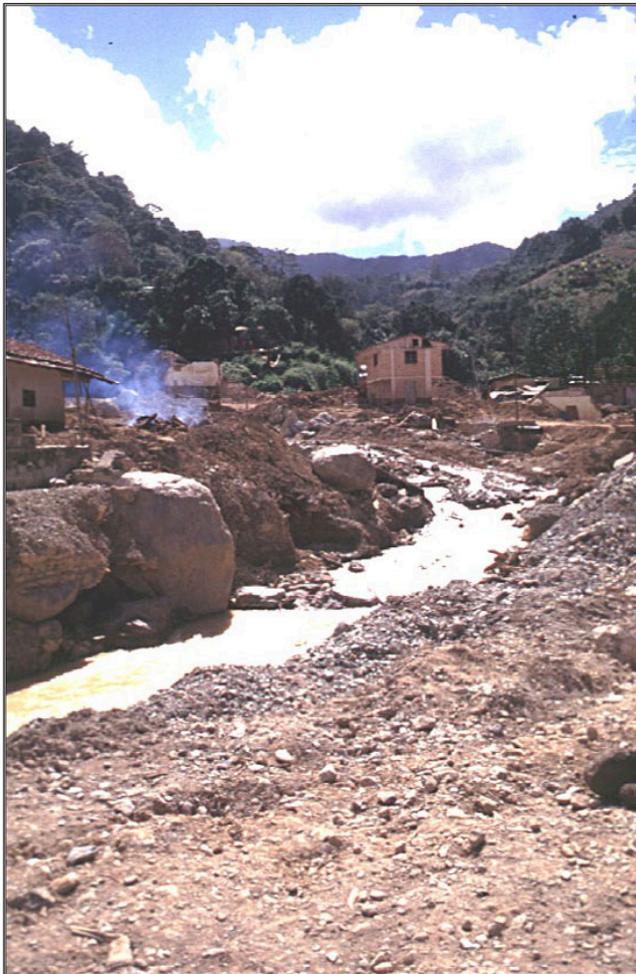


Figura 4. Trayectoria del flujo de escombros a su paso por San Juancito.

A su paso por el centro de dicho poblado, y un kilómetro más corriente abajo, el flujo de escombros destruyó numerosas viviendas y estructuras, una escuela entre otras.

La concentración de los deslizamientos de tierra en el país fue variable. Si bien se produjeron deslizamientos de tierra por casi todo el país como consecuencia de las lluvias provocadas por el huracán Mitch, los daños significativos y riesgos permanentes en general se limitaron a aquellas áreas en donde había grupos con elevadas concentraciones. Algunos de éstos se produjeron en áreas extremadamente remotas, en las cuales los efectos en habitantes y propiedades fueron mínimos. Sin embargo, la mayoría de las áreas que registraron una elevada incidencia de deslizamientos de tierra coincidieron con áreas en donde había una cantidad significativa de pobladores.

Las ciudades de La Ceiba y El Progreso, así como los poblados de Marale y La Libertad, resultaron más afectados por los problemas de sedimentación derivados de los deslizamientos de tierra, que por éstos mismos. Las voluminosas corrientes de sedimentos que obstruyeron los ríos que pasan cerca de estos centros de población han provocado la avulsión de ríos y el desvío de las aguas de la crecida hacia áreas residenciales. En La Ceiba, El Progreso y La Libertad, una extremadamente elevada concentración de flujos de escombros y deslizamientos de escombros en las vertientes corriente arriba que salen de estos centros han inundado con sedimento a los arroyos. En los próximos años lo anterior ocasionará problemas por inundaciones y desviaciones de arroyos (figura 5). En la población de Marale, en el centro de Honduras, un importante hundimiento de rotación ocasionó problemas similares; el hundimiento depositó escombros en el arroyo que pasa cerca de la población (figura 6).

Figura 5.
Fotografía aérea
de la corriente de
sedimento produ-
cida por los flu-
jos de escombros
del Río Viejo, trib-
utario del Río
Cangrejal, el cual
pasa por La Ceiba.



Figura 6. Fotografía aérea del poblado de Marale, a la derecha en primer plano; a lo lejos se aprecia la corriente de sedimento producida por un gran hundimiento de rotación (flecha).

Deslizamientos de tierra profundos (hundimientos, flujos de tierra, etc.)

Si bien fueron pocos, los deslizamientos de tierra profundos tuvieron un gran impacto en habitantes y propiedades dado que se produjeron en áreas densamente pobladas. El mayor de los deslizamientos de tierra de esta categoría ocasionado por el huracán Mitch fue el que tuvo lugar en Tegucigalpa. Destruyó parte del centro de la ciudad conocida como Colonia Soto y represó al Río Choluteca; este represamiento dio lugar a una laguna de aguas residuales, corriente arriba de la represa creada (figura 7). Este hundimiento/flujo de tierra complejo tenía un volumen de aproximadamente 6 millones de metros cúbicos. Debido al lento movimiento del deslizamiento de tierra previo, fue posible evacuar a los residentes que habitaban en la masa del deslizamiento de tierra antes de que se iniciara el rápido desplazamiento del deslizamiento y que culminara en el represamiento del río. El río quedó represado aproximadamente a las 12:30 am del 31 de octubre, aproximadamente una hora después

de ocurrir el máximo caudal de inundación del Río Choluteca.

Otro profundo deslizamiento, representado por un hundimiento/flujo rotatorio de escombros con un volumen de 400,000 m³, destruyó numerosas viviendas de la sección de Tegucigalpa conocida como Colonia El Reparto (figura 8). Este deslizamiento de tierra se produjo el 31 de octubre, a media mañana y tuvo una duración de varias horas. El movimiento final del hundimiento ocasionó la formación de un flujo de escombros, el cual se formó a partir de la excesivamente inclinada punta del desliza-

Figura 7. Vista aérea del deslizamiento de tierra El Berrinche, un hundimiento/flujo rotatorio de tierra complejo que represó al Río Choluteca, en Tegucigalpa. La flecha indica la dirección del desplazamiento de la lengua del flujo de tierra. "T" denota la punta del deslizamiento de tierra que represó al río; la "L" señala la laguna represada por la punta del deslizamiento de tierra.



Inventarios digitales y productos derivados de éstos

Con objeto de documentar los deslizamientos de tierra ocasionados por el huracán Mitch, los mapas de inventario que forman parte en este reporte se elaboraron a escala de 1:50,000 para aquellas municipalidades en las que hubiera un riesgo importante de deslizamientos de tierra (ilustración 1, figura 9). Los mapas de inventario se elaboraron utilizando las fotografías aéreas que tomara la Fuerza Aérea de los EE.UU. en los meses sigu-

miento de tierra y demolió las viviendas.

También se produjeron otros profundos deslizamientos de tierra que ocasionaron daños a los habitantes y propiedades en la ciudad de Tegucigalpa. Dos deslizamientos de roca y tierra ocasionados por el socavado de las riberas del río destruyeron viviendas en Barrio Mira Mesi, junto al Río Choluteca y en Nueva Esperanza, junto al Río Guacerique. Estos deslizamientos son todavía inestables y el retroceso de sus grietas provocará la destrucción de otros asentamientos humanos.

ientes al paso del huracán Mitch, como parte del Proyecto Cielos Abiertos, complementándolas con las fotografías tomadas por un contratista local. Estos dos grupos de fotografías aéreas son imágenes en blanco y negro a escala de 1:40,000. Mediante una proyección estereoscópica se observaron las fotografías aéreas con objeto de localizar los deslizamientos de tierra y graficar éstos en mapas topográficos de escala

1:50,000. Sus perfiles se dibujaron a mano en los mapas topográficos. Se estima que la precisión lograda en la ubicación de los deslizamientos de tierra obtenida mediante este procedimiento en el caso de áreas de pendientes bajas y densa vegetación supera los 100 m; en áreas con un relieve topográfico elevado y topografía bien definida y con escasa vegetación, supera los 50 m. Hay casos

en los que después de examinar el levantamiento cartográfico en terreno se pudo determinar que la precisión de algunas ubicaciones era de 20 m. En la ilustración 1 se muestran aquellas áreas en las que los deslizamientos de tierra se cartografiaron en relación a las fronteras del país, las ciudades importantes y los cuadrángulos topográficos del interior del país, con una escala 1:50,000.

Figura 8. Vista aérea del hundimiento/flujo de escombros El Reparto.



Además de los mapas de inventario, también se está elaborando un mapa de la susceptibilidad relativa a los deslizamientos de tierra en la ciudad de Tegucigalpa (Harp y otros, 2002) ; para ello se está utilizando el inventario de deslizamientos de tierra, el mapa geológico y el modelo de red irregular triangulado (TIN, por sus siglas en inglés) obtenido a partir del mapa topográfico de esta ciudad, utilizando una escala de 1:10,000. El inventario de los deslizamientos de tierra, el TIN y el cálculo de las intensidades del esfuerzo cortante de los materiales geológicos representados en el mapa geológico se combinan para hacer un análisis infinitesimal de pendiente basado en un GIS. El objetivo es calcular la susceptibilidad relativa a deslizamientos de tierra.

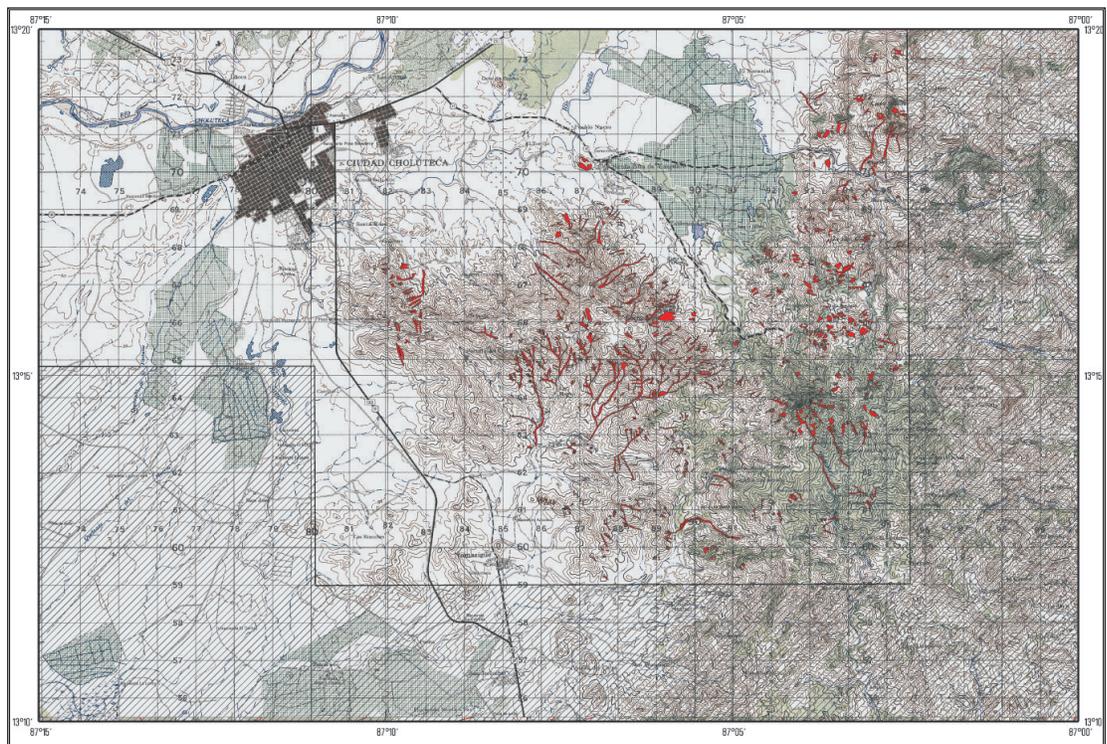
Uno de los riesgos colaterales ya mencionados anteriormente es el del sedimento producido por deslizamientos de tierra, el cual es procesado por la red de corrientes fluviales. Este fenómeno, además de poner en riesgo a diversas poblaciones, ha ocasionado que la mayor represa del país, la presa de El Cajón, reciba en dos de sus brazos grandes volúmenes de sedimentos originados en los deslizamientos de tierra. En su tramo nordeste, justo al sur de Montaña de Pijol, una larga corriente de 3 km de cantos rodados y otros sedimentos se está abriendo paso en dirección a la represa, lo que ha dado lugar a un gran delta. Corriente abajo de La Libertad existe una situación similar (figura 10). El sedimento de los flujos de escombros presente en las vertientes que están arriba de los

poblados se desplaza por el río Quirima y por el brazo del extremo sur de la represa.

El inventario y los mapas de susceptibilidad, así como las estimaciones del volumen del sedimento son productos digitales que se preparan en una plataforma de Sistemas de Información Geográfica (GIS, por sus siglas en inglés). Estos productos sirven a las entidades gubernamentales locales para planificar reubicaciones y actividades de mitigación. Al personal de las entidades gubernamentales locales y nacionales

hondureñas se les está proporcionando hardware y software, así como capacitación, todo lo cual les permitirá reproducir estos productos y llevar a cabo análisis similares en caso de que surgieran problemas ocasionados por los deslizamientos de tierra. De esta manera, una vez concluidos los trabajos de reconstrucción y mitigación, el país podrá contar con sus propios recursos para documentar y analizar los riesgos inherentes a los deslizamientos de tierra.

Figura 9.
Mapa inventario del deslizamiento de tierra del área de Choluteca, al sur de Honduras.



Volúmenes de sedimento de cuadrángulos específicos y que fueron producidos por deslizamientos de tierra

En esta sección del presente reporte se aborda el tema de la afluencia de sedimentos producidos por deslizamientos de tierra en algunos de los sistemas fluviales de Honduras; se resumen las estimaciones basadas en GIS de los volúmenes de sedimentos producidos por deslizamientos de tierra en drenajes que han resultado afectados por elevadas concentraciones de deslizamientos de tierra.

Muchas de estas áreas actualmente padecen de avulsión ocasionada por el aumento de cargas de sedimento al interior de los canales de ríos activos. En muchos de estos casos los canales de los ríos son más susceptibles al desbordamiento y a su desviación debido a la disminución de la capacidad de dichos canales. Entre las áreas que registran una considerable afluencia de sedimentos

originados en deslizamientos de tierra figuran represas cuya capacidad de almacenamiento es cada vez menor, consecuencia de las corrientes que en ellas descargan sedimentos. Además de los deslizamientos de tierra, las corrientes de sedimentos de los canales activos originadas principalmente en los escombros de los deslizamientos de tierra se han cartografiado en los mapas como polígonos separados, utilizando de escala 1:50,000. Las áreas específicas cuyo volumen de sedimento se ha calculado son:

La parte de Río Viejo que tributa en el Río Cangrejal (cuadrángulo Pico Bonito),

Los drenajes del Río Bonito y el Río Perla, al sur de La Ceiba (cuadrángulo La Ceiba),

Las corrientes de drenaje de las pendientes occidentales de la cordillera Mico Quemada, al este de El Progreso (cuadrángulos de El Progreso y Villanueva).

Las corrientes de drenaje del flanco sur de la Montaña de Pijol, cerca de la represa El Cajón (cuadrángulo Las Flores).

El drenaje del Río Quirima, cerca de La Libertad (cuadrángulo La Libertad), y la cuenca inferior del Río Choluteca (cuadrángulos de Choluteca, Orocuina, Soledad y San Lorenzo).



Figura 10. Vista aérea de la corriente de sedimento producida por flujos de escombros cerca de La Libertad. Se puede apreciar el flujo del sedimento bajando hacia el Río Quirima y la represa El Cajón. El área más clara del brazo derecho de la represa corresponde casi totalmente a sedimentos.

El método que utilizamos para calcular el volumen de sedimentación producido por las fuentes de deslizamientos de tierra sólo permite calcular a grandes rasgos la magnitud del volumen total de la descarga. Cada uno de los polígonos de deslizamientos de tierra cartografiados en el mapa topográfico tiene un área fuente y un área de depósito. La proporción que existe entre el área fuente y el área de depósito varía de un deslizamiento de tierra a otro. Si el área fuente es especialmente inclinada, su área será pequeña comparada con el área de depósito, sobre todo si el material se deposita sobre un terreno muy plano. Dado que la mayoría de las áreas fuente tienen su origen en pendientes cuya inclinación es mayor que la de las áreas de depósito, la relación entre área fuente y área de depósito tenderá a situarse entre 0.2 y 0.5, habiendo una tendencia hacia valores más pequeños. No obstante los diversos valores que puede llegar a tener la proporción entre fuente y depósito, para efectos del orden de magnitud de nuestros cálculos hemos supuesto que las áreas fuente y las áreas de depósito son iguales. Se calculó el área de cada polígono, se dividió ésta entre dos y el resultado se multiplicó por el valor de la profundidad promedio del flujo de escombros del área correspondiente. La profundidad promedio del

flujo de escombros que utilizamos para la parte sur de Honduras en el área de Choluteca es de 0.5 m, en tanto que para las partes central y norte del país dicha profundidad es de 2.5 m. El valor promedio utilizado para el sur de Honduras es menor, lo cual es reflejo de los suelos superficiales producidos por el clima desértico tropical de esa región. En el caso de las partes central y norte de Honduras, la profundidad promedio es mayor debido a la mayor precipitación pluvial anual que se registra en los valles tropicales y bosques nubosos de las tierras altas. En estas áreas, una mayor precipitación pluvial da lugar a suelos volcánicos muy erosionados de hasta 15 m, como se puede observar en las grietas del flujo de escombros.

En la siguiente lista de cuadrángulos se especifica el volumen de sedimento estimado que corresponde a los deslizamientos de tierra de dichos cuadrángulos; se ofrece asimismo una estimación de la posibilidad de que dicho sedimento llegue a desplazarse hacia la red fluvial. Cuando se da el caso, se incluyen en la descripción de los cuadrángulos comentarios sobre la susceptibilidad de los materiales geológicos a los deslizamientos de tierra, así como sobre los riesgos que representan los deslizamientos de tierra ya presentes.

Cuadrángulo de Pico Bonito (2862 IV, ilustración 3)

Volumen de sedimento: 16,730,000 m³.

El volumen de sedimento producido por los deslizamientos de tierra de este cuadrángulo es con mucho el mayor de todos los cuadrángulos de Honduras, en los que los deslizamientos de tierra han aportado a la red de drenaje significativos volúmenes de escombros. En el caso de este cuadrángulo, la mayor parte de la carga de sedimento de la red fluvial que va a dar al Río Cangrejal se origina en las fuentes acuíferas del Río Viejo. Este río es el único tributario del Río

Cangrejal que tiene una importante concentración de deslizamientos de tierra. Los miles de deslizamientos de tierra que provocó el huracán Mitch en este drenaje están completamente unidos al sistema fluvial, llegando a invadir completamente la planicie de inundación del Río Viejo (figura 5). El diámetro promedio del sedimento producido es extremadamente grueso, casi sin limo ni partículas de menor espesor (figura 11). Actualmente, tres años después del huracán, los flujos de escombros del drenaje del Río Viejo

aún cuentan con significativos volúmenes de material que finalmente entrarán al sistema fluvial.

Otras áreas fuente de flujos de escombros en este cuadrángulo son las de las fuentes acuíferas del Río Bonito y

del Río Perla. Los flujos de escombros de estas áreas contribuyen con un sedimento que ha sido transportado corriente abajo, en los tramos inferiores de estos drenajes que se localizan en La Ceiba.



Figura 11. Vista de la planicie de inundación del Río Viejo en la que se puede apreciar lo grueso del sedimento.

Cuadrángulo de La Ceiba (2863 III, ilustración 2)

Volumen de sedimento: 502,000 m³.

Los principales drenajes fluviales que han resultado afectados por el sedimento del flujo de escombros son el Río Bonito y el Río Perla. La mayor parte del sedimento producido por los flujos de escombros de estos drenajes se localiza en el cuadrángulo de Pico Bonito, al sur. Al igual que en el caso la corriente del Río Viejo, durante muchos años más estos drenajes seguirán desplazando los sedimentos de sus áreas fuente de flujos de escombros hacia los principales canales de los ríos, lo que aumentará la tendencia a las crecidas y el desbordamiento de dichos ríos.

Cuadrángulo de El Progreso (2662 III, ilustración 4)

Volumen de sedimento: 312,000 m³.

El volumen del sedimento producido por los deslizamientos de tierra de este cuadrángulo y, en particular, en la vertiente del Río Pelo, no es lo suficientemente grande como para explicar la inundación de sedimento aluvial del canal del río a su paso por la ciudad de El Progreso (figura 12). Después de observar tan pocos deslizamientos de tierra en las fotografías aéreas de la vertiente del Río Pelo que fueron tomadas después del paso del huracán Mitch, lo que se puede concluir es que el sedimento es producto principalmente del desgaste provocado por la erosión.

Figura 12. Vista corriente arriba de la planicie de inundación de Río Pelo, en El Progreso, en enero de 1999. Se puede observar la invasión del canal del río por sedimento producido básicamente por el desgaste del canal originado por la erosión en la vertiente corriente arriba al paso del huracán Mitch.



Cuadrángulo de Villanueva (2661 IV, ilustración 5)

Volumen de sedimento: 1,825,000 m³.

Los deslizamientos de tierra de este cuadrángulo, principalmente los producidos en drenajes de la Quebrada Guacamaya y de la Quebrada La Mina, han sido los que han aportado la mayor cantidad de sedimento por deslizamiento de tierra a la red fluvial de la cordillera montañosa de Mico Quemado. Los flujos

de escombros que se han producido en la parte sur de esta cordillera están muy bien conectados con los drenajes fluviales, lo que permite al sedimento de los flujos de escombros llegar hasta los canales principales y en los años por venir incrementarán el volumen de la corriente de sedimento.

Cuadrángulo de Las Flores (2661 II, ilustración 6)

Volumen de sedimento: 4,520,000 m³.

Los deslizamientos de tierra de los drenajes superiores de las corrientes que desembocan en la represa El Cajón han creado dos corrientes de sedimento de 5 km de longitud cada una, las cuales se fusionan y han venido depositado grandes volúmenes de sedimento en la represa (ilustración 6, figura 13). Las fuentes acuíferas del Río Chilistagua y de la Quebrada de Yorito cuentan con cientos de flujos de escombros y varios hundimientos / flujos de escombros grandes y profundos (figura 14) que están bien comunicados con la red fluvial.

Como se puede observar en la ilustración 6, el brazo superior de la represa

El Cajón, en la corriente del Río Chilistagua, está inundado por sedimentos. Lo más probable es que este proceso continúe durante muchos años más, durante la estación de lluvias en la que los elevados flujos de agua favorecerán el desplazamiento corriente abajo del sedimento en dirección a la presa.

Como se puede observar en la ilustración 6, el brazo superior de la represa El Cajón, en la corriente del Río Chilistagua, está inundado de sedimento. Lo más probable es que este proceso continúe durante muchos años más, durante la estación de lluvias, cuando los elevados flujos de agua favorezcan el desplazamiento corriente abajo del sedimento hacia la presa.



Figura 13. Corriente de sedimento ocasionada principalmente por los deslizamientos de tierra depositados en el brazo de la represa El Cajón.



Figura 14. Depresión / flujo de escombros profundos en las fuentes acuíferas del Río Chilistagua, arriba de la represa El Cajón.

Cuadrángulo de La Libertad (2660 II, ilustración 7)

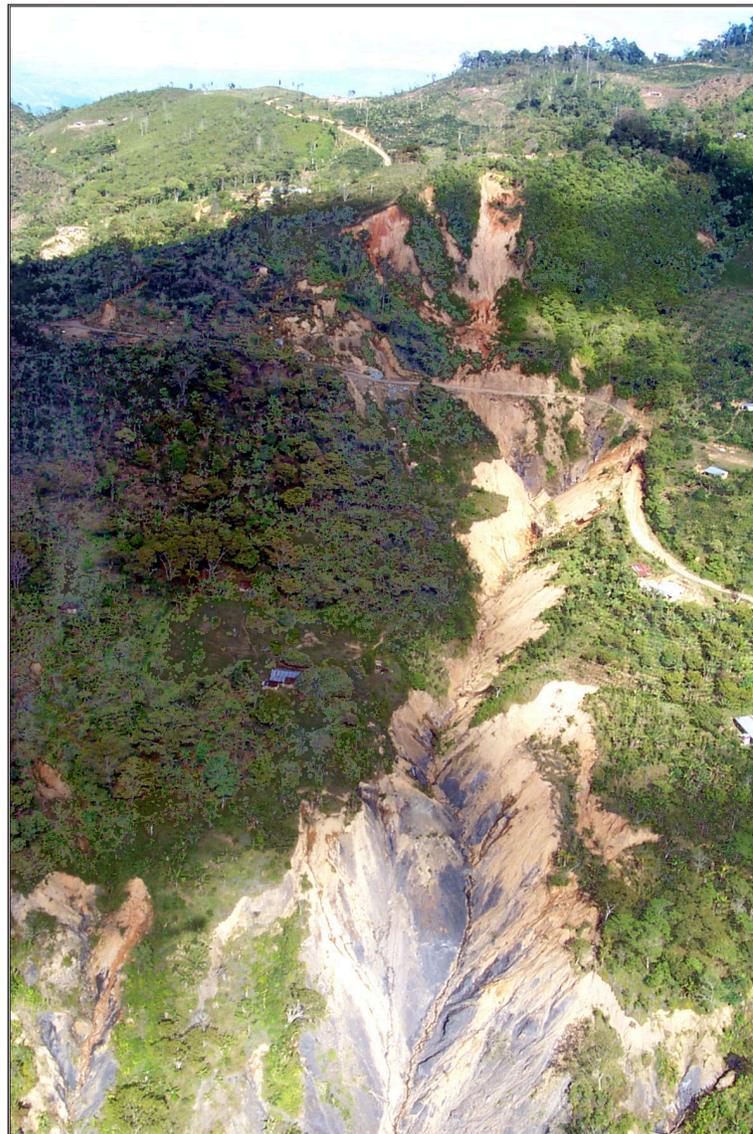
Volumen de sedimento: 2,430,000 m³.

Áreas con una elevada concentración de flujos de escombros, en las fuentes acuíferas del Río Quirima y del Río Frío (figura 15). Estos flujos provocaron la destrucción de numerosas viviendas ubicadas en la planicie de inundación del Río Frío, cerca de La Libertad, y enviaron una enorme corriente de sedimento al Río Quirima, llegando a rellenar el brazo de la represa El Cajón, sitio en el que esta corriente desemboca en la represa (figura 10).

Los efectos de los flujos de escombros en habitantes y viviendas se resintieron no sólo en la parte baja de la corriente del río, sino que también se registraron muertes y la destrucción de viviendas en las fuentes acuíferas de muchos ríos, como es el caso del área mostrada en la figura 15. En este caso es posible apreciar varias viviendas cerca de los extremos de las grietas de los flujos de escombros. Si bien estas viviendas se libraron del impacto directo de los flujos de escombros, no sucedió así en muchos otros casos, ni en otras áreas montañosas

de Honduras. Los flujos de escombros ocasionados por el huracán Mitch provocaron en comunidades similares de las montañas la destrucción de 5 a 20 viviendas, casos en los que los flujos de escombros alcanzaron una elevada concentración como consecuencia de las intensas lluvias y de unidades geológicas susceptibles.

Figura 15. Foto aérea oblicua en la que se observan las concentraciones de flujo de escombros típicas de las fuentes acuíferas del Río Frío y del Río Quirima.



Cuadrángulo de Choluteca (2775 I, ilustración 20)

Volumen de sedimento: 1,360,000 m³.

Cuadrángulo de Orocuina (2756 II, ilustración 19)

Volumen de sedimento: 1,330,000 m³.

Cuadrángulo de Soledad (2756 I, ilustración 16)

Volumen de sedimento: 1,450,000 m³.

Los tres cuadrángulos anteriores están alineados de sur a norte, en la parte sur de la cuenca de drenaje del Río Choluteca. No obstante la elevada concentración de los flujos de escombros en esta área, las trayectorias de flujo no fueron largas y el sedimento de los deslizamientos de tierra no está bien conectado con la red de drenaje de los principales arroyos y ríos. Algunos de los canales de los drenajes de primer y segundo orden contienen material de flu-

jos de escombros; sin embargo, no parece muy probable que se llegue a desplazar un volumen significativo de estos escombros hasta el Río Choluteca, a menos que se registren lluvias excepcionalmente intensas.

Cuadrángulo de San Lorenzo (2756 III, ilustración 18)

Volumen de sedimento: 4,500,000 m³.

Los flujos de escombros de este cuadrángulo están presentes en elevadas concentraciones, en las pendientes bajas adyacentes al Golfo de Fonseca. A estos flujos les basta recorrer una corta distancia para alcanzar este golfo. Existe la posibilidad de que lluvias promedio, o por encima de éste, logren transportar una parte significativa de este sedimento hasta las aguas del golfo, contribuyendo así al pulso inicial del aumento de sedimentación inicialmente causada por el huracán Mitch.

Resumen

Tal como se ha descrito en el texto y fotografías anteriores, Honduras y los países centroamericanos vecinos padecieron un fenómeno climático extremadamente raro: el huracán Mitch. Si bien Honduras no es ajeno a deslizamientos de tierra e inundaciones ocasionados por huracanes, pocos de estos fenómenos han tenido la extensión y severidad de dicho huracán. Las 9,000 muertes y el desplazamiento de 3 millones de personas, las inundaciones generalizadas en todo el país y los 500,000 deslizamientos de tierra sólo en Honduras, hacen del huracán Mitch el responsable principal de los más importantes desplazamientos másicos del siglo. El impacto inicial de inundaciones y deslizamientos de tierra dejó aisladas durante meses a diversas áreas de este país. Aun cuando se procedió a la reconstrucción y al retiro de

los escombros de los deslizamientos de tierra de los caminos de estas áreas, una vez llegada la siguiente estación de lluvias hubo que volver a cerrar estos caminos. Incluso en aquellas áreas del país en donde había densas capas de bosque tropical, las grietas y las trayectorias de desplazamientos de los flujos de escombros dejaron en el paisaje una evidente y profunda marca dendrítica visible aún hoy en día, más de tres años después del paso del huracán.

Se produjeron en el país más de 500,000 de deslizamientos de tierra, 95 por ciento de los cuales correspondieron a flujos de escombros. La longitud de las trayectorias que dejaron a su paso los flujos de escombros osciló entre unos cuantos metros, hasta 7.5 km. Su espesor fue de menos de 2 m, una profundidad típica de los flujos de escombros de suelos

originados en clima desértico tropical, cerca de Choluteca, pero llegó a alcanzar 15 m en los bosques nubosos y bosques tropicales de otras partes del país. Si bien escasos, los deslizamientos de tierra profundos tuvieron graves repercusiones en habitantes y viviendas de la capital, Tegucigalpa, y en otras áreas urbanas (véase Harp y otros, 2002).

En Honduras durante muchos años más se seguirán sintiendo los efectos de los deslizamientos de tierra ocasionados por el huracán Mitch. Aún cuando las consecuencias iniciales en habitantes y viviendas han llegado a su fin, el continuo desplazamiento del sedimento creado por los deslizamientos de tierra que se depositan en las vertientes a lo largo de las corrientes fluviales contribuye a exacerbar las inundaciones que tienen lugar en cada estación lluviosa y obliga a los residentes a salir de sus hogares. Se da

también el caso de deslizamientos de tierra que experimentan un desplazamiento regresivo dado que sus grietas retroceden pendiente arriba, lo que afecta a un área de pendiente adicional y, en algunos casos, a más viviendas.

Si bien el paisaje seguirá modificándose como consecuencia de la erosión y de la inestabilidad de las pendientes, causantes de la redistribución del sedimento de los deslizamientos de tierra y de la modificación de las grietas existentes, confiamos en que la documentación sobre la incidencia de los deslizamientos de tierra que se ofrece en las ilustraciones de este inventario de deslizamientos de tierra servirá como guía en la toma de decisiones futuras sobre urbanización y uso de la tierra, permitiendo evitar así lo ocurrido en el pasado, así como sus consecuencias.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer la ayuda prestada por la Agencia para el Desarrollo Internacional de los EE.UU. (USAID, por sus siglas en inglés) y a diversas personas cuyo trabajo hizo posible el trabajo de campo, la recopilación de datos y la elaboración de este reporte final. Entre estas personas cabe mencionar a: Jeff Phillips, de USGS, comisionado temporalmente en USAID como funcionario de enlace encargado del seguimiento de los trabajos de USGS en Honduras; Adrián Oviedo de USAID, quien dispuso de lo necesario para realizar encuentros, localizar contactos y los desplazamientos durante nuestro trabajo de campo y seminarios; y a Sherry

Thorn, profesora de Biología de la Universidad de Honduras, quien proporcionó servicios de traducción, conocimientos detallados acerca de todas las áreas de campo visitadas en Honduras y puso a nuestro alcance personas que habían sido testigos presenciales de lo ocurrido durante el huracán Mitch; su conocimiento de las costumbres y prácticas resultó inapreciable para nuestra seguridad y eficiencia en la realización de los estudios de campo.

Un especial agradecimiento a Eleanor M. Omdahl por las gráficas y disposición cartográfica que estuvieron a su cargo.

Referencias citadas

- Harp, E. L., Castañeda, M., and Held, M. D., 2002, Landslides triggered by Hurricane Mitch in Tegucigalpa, Honduras, U.S. Geological Survey Open-File Report 02-33, 11 p, 1 plate.
- Harp, Edwin L., Held, Matthew D., Castaneda, Mario, McKenna, Jonathan, P., and Jibson, Randall W., 2002, Landslide hazard map of Tegucigalpa, Honduras: U.S. Geological Survey Open-File Report.